

535741

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年12 月23 日 (23.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/112116 A1

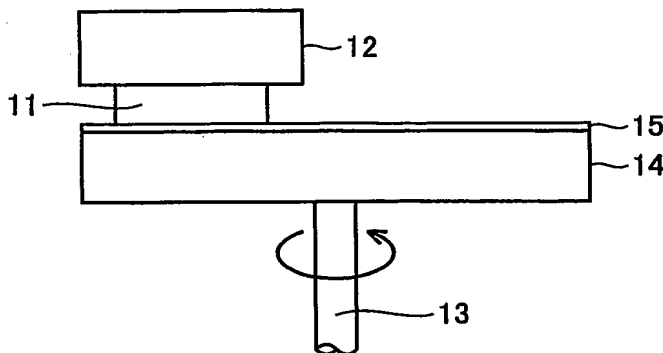
- (51) 国際特許分類: H01L 21/306, C30B 33/10
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008090
- (22) 国際出願日: 2004 年6 月3 日 (03.06.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-170584 2003 年6 月16 日 (16.06.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5 番3 3 号 Osaka (JP).
- (71) 出願人 および
- (72) 発明者: 森 勇介 (MORI, Yusuke) [JP/JP]; 〒5760033 大阪府交野市私市8 - 1 6 - 9 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中畑 成二 (NAKAHATA, Seiji) [JP/JP]; 〒6648611 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1 番1 号 住友電気工業株式会社 伊丹製作

- 所内 Hyogo (JP). 弘田 龍 (HIROTA, Ryu) [JP/JP]; 〒6648611 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1 番1 号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 石橋 恵二 (ISHIBASHI, Keiji) [JP/JP]; 〒6648611 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1 番1 号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 佐々木 孝友 (SASAKI, Takatomo) [JP/JP]; 〒5650824 大阪府吹田市山田西2 - 8 A 9 - 3 1 O Osaka (JP).
- (74) 代理人: 深見 久郎, 外 (FUKAMI, Hisao et al.); 〒5300054 大阪府大阪市北区南森町2 丁目1 番2 9 号 三井住友銀行南森町ビル 深見特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING NITRIDE SEMICONDUCTOR CRYSTAL SURFACE AND NITRIDE SEMICONDUCTOR CRYSTAL OBTAINED BY SUCH METHOD

(54) 発明の名称: 窒化物半導体結晶表面の加工方法およびその方法により得られた窒化物半導体結晶



μm or less. Namely, the method for processing a nitride semiconductor crystal surface enables to reduce surface scratch depth and degenerated layer thickness, and the nitride semiconductor crystal obtained by such a method has a shallow surface scratch depth and a thin degenerated layer thickness.

(57) Abstract: A method for processing a nitride semiconductor crystal surface is characterized in that a process liquid (15) containing at least Na, Li or Ca is brought into contact with the surface of a nitride semiconductor crystal (11). The process liquid (15) may be a liquid containing at least Na whose Na content is 5-95 mol%. The process liquid (15) may be a liquid containing at least Li whose Li content is 5-100 mol%. A nitride semiconductor crystal obtained by such a method is also disclosed which has a maximum surface scratch depth of $0.01\ \mu\text{m}$ or less and an average degenerated layer thickness of 2

(57) 要約: 窒化物半導体結晶 (11) の表面に、加工液 (15) として少なくとも Na、Li または Ca を含有する液体を接触させることを特徴とする窒化物半導体結晶表面の加工方法。本加工方法において、加工液 (15) が少なくとも Na を含有する液体であって、加工液 (15) 中の Na 含有率が、5 モル% ~ 95 モル% とすることができる。また、加工液 (15) が少なくとも Li を含有する液体であって、加工液 (15) 中の Li 含有率が、5 モル% ~ 100 モル% とすることができる。上記加工方法によって得られた、最深表面傷深さが $0.01\ \mu\text{m}$ 以下または平均加工変質層厚さが $2\ \mu\text{m}$ 以下の窒化物半導体結晶。この結果、表面傷深さおよび加工変質層厚さの小さい窒化物半導体結晶表面の加工方法およびその方法により得られた窒化物半導体結晶を提供できる。

WO 2004/112116 A1



SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

窒化物半導体結晶表面の加工方法

およびその方法により得られた窒化物半導体結晶

5

技術分野

本発明は、窒化物半導体結晶表面の加工方法およびその方法により得られた窒化物半導体結晶に関し、より詳しくは、表面傷深さや加工変質層厚さが小さい窒化物半導体結晶表面の加工方法およびその方法により得られた窒化物半導体結晶に関する。

10

背景技術

半導体デバイスの高集積化に伴ない、半導体結晶の微細加工技術が注目されつつある。ここで、半導体結晶表面を平坦に加工する技術（平坦化技術）は、上記半導体結晶の微細加工技術の基礎となる重要な技術である。

15

現在、半導体結晶表面を平坦に加工する方法としては、研磨液と砥粒とからなる研磨スラリーを用いて化学的機械的研磨するCMP（Chemical Mechanical Polishing）法が主流である。

シリコン結晶などは、フッ酸に溶解するなど化学的に活性であるため、化学的な表面加工が可能であるが、III族窒化物半導体結晶などの窒化物半導体結晶は、化学的に不活性（安定）であるため、機械的加工に依存している。ここで、機械的加工とは、結晶と研磨盤（定盤という、以下同じ）との間に砥粒を介在させ、定盤を結晶に対して相対的に移動させることにより、砥粒と結晶表面にかかる摩擦力によって結晶表面を切削または研磨して加工することをいう。

20

機械的加工を行なうと、結晶表面に砥粒による深い引掻き傷が発生し、また結晶表面と砥粒との間の摩擦力により結晶が乱れた層（加工変質層という。以下同じ）が厚く形成される（山本、結晶工学ハンドブック、初版、共立出版、1990年9月25日、p. 421-423を参照。）。かかる結晶表面の深い傷または厚い加工変質層の存在は、微細加工の際の障害になるとともに、半導体特性を劣

25

化させるため、さらにエッチングなどの方法を用いて、結晶表面の傷および加工変質層を除去する必要があった。

発明の開示

- 5 本発明は、表面傷深さおよび加工変質層厚さが小さい窒化物半導体結晶表面の加工方法およびその方法により得られた窒化物半導体結晶を提供することを目的とする。

上記目的を達成するため、本発明にかかる窒化物半導体結晶表面の加工方法は、窒化物半導体結晶の表面に、加工液として少なくともNa、LiまたはCaを含有する液体を接触させることを特徴とする。ここで、加工液は、少なくともNaを含有する液体であって、加工液中のNa含有率が5モル%～95モル%とすることができる。また、加工液は、少なくともLiを含有する液体であって、加工液中のLi含有率が5モル%～100モル%とすることができる。また、窒化物半導体結晶として、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 半導体結晶 ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$) などを加工することができる。

また、本発明にかかる窒化物半導体結晶は、上記の窒化物半導体結晶表面の加工方法によって得られた、最深表面傷深さが $0.01 \mu m$ 以下の窒化物半導体結晶または平均加工変質層厚さが $2 \mu m$ 以下の窒化物半導体結晶である。

上記のように、本発明によれば、窒化物半導体結晶の表面に、加工液として少なくともNa、LiまたはCaを含有する液体を接触させることにより、表面傷深さおよび加工変質層厚さの小さい窒化物半導体結晶表面の加工方法およびその方法により得られた窒化物半導体結晶を提供することができる。

図面の簡単な説明

- 25 図1は、本発明にかかる窒化物半導体結晶表面の加工方法を説明する図である。
図2は、本発明に用いられる一の定盤を示す斜視断面図である。
図3は、本発明に用いられる別の定盤を示す斜視断面図である。

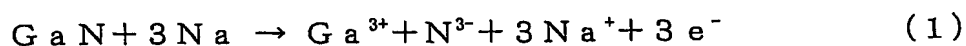
発明を実施するための最良の形態

本発明にかかる窒化物半導体結晶表面の一の加工方法は、図1を参照して、窒化物半導体結晶11の表面に、加工液15として少なくともNa、LiまたはCaを含有する液体を接触させることを特徴とする。より詳しくは、図1を参照して、結晶ホルダー12に固定された窒化物半導体結晶11を、加工液15を介在させて、回転軸13上に固定された定盤14に押し付けて、回転軸13を回転することにより、定盤14を窒化物半導体結晶11に対して相対的に移動することにより窒化物半導体結晶表面の加工を行なう。

本発明に用いられる定盤には、特に制限は無く、図2に示すような結晶表面を加工するための定盤表面が平面である定盤A24、図3に示すような結晶平面を加工するための定盤表面に溝が形成された定盤B34などが好ましく用いられる。定盤Bの溝深さD、溝幅Wおよび溝ピッチPは、特に制限は無いが、溝深さDは0.5mm～3mm、溝幅Wは0.5mm～3mm、溝ピッチPは1mm～5mmが好ましく用いられる。

ここで、Na、LiまたはCaを含有する液体とは、Na、NaNH₂、NaX（Xはハロゲン元素、たとえばI、Br、Clなどを示す。以下同じ）などのNaまたはNa化合物を含有する液体、Li、LiNH₂、LiXなどのLiまたはLi化合物を含有する液体、Ca、CaX₂などのCaまたはCa化合物を含有する液体をいい、Na、LiおよびCaの中から2以上の元素を含有する液体も含まれる。

Na、LiまたはCaを含む液体には、窒化物半導体結晶中の窒素（N）が溶解することにより、窒化物半導体結晶表面がエッチングされる。たとえば、窒化物半導体結晶の1つであるGaN結晶に液体Naを接触させると、下式（1）の反応により、GaN結晶表面がエッチングされる。



本発明にかかる窒化物半導体結晶表面の加工方法において、加工液が、少なくともNaを含有する液体であって、加工液中のNa含有率を、5モル%～95モル%とすることができる。加工液として、NaにLiまたはCaを添加すると、窒化物半導体結晶の加工液への溶解量が増大して、加工スピードが向上する。

NaにLiを添加する場合は、加工スピード向上の観点から、加工液における

Naの含有率は、5モル%～60モル%が好ましく、10モル%～50モル%がより好ましい。NaにCaを添加する場合は、加工スピード向上の観点から、加工液におけるNaの含有率は、20モル%～95モル%が好ましく、50モル%～90モル%がより好ましい。

5 また、本発明にかかる窒化物半導体結晶表面の加工法において、加工スピード向上の観点から、加工液は少なくともLiを含有する液体であることが好ましい。また、加工液におけるLiの含有率は5モル%～100モル%が好ましく、30モル%～100モル%がより好ましく、50モル%～100モル%がさらに好ましい。

10 また、本発明にかかる窒化物半導体結晶表面の加工方法において、加工温度は、加工液の融点以上沸点以下とするのが好ましく、さらに好ましくは加工液の融点から100℃高い温度以上であって、加工液の沸点から100℃低い温度以下である。加工液の液温が、融点から100℃高い温度以上であると加工液への窒素の溶解量が増加し、沸点から100℃低い温度以下であると加工液の蒸発が少なくなり、加工液を有効に利用することができる。

15 ここで、加工液に用いられる各種のNa、LiまたはCaを含有する液体の融点および沸点を表1に示す。加工液の組成によって加工液の融点および沸点が決まり、さらに上記観点から、適宜加工温度を決めることができる。

表 1

加工液	融点 (°C)	沸点 (°C)
N a	97.7	892
L i	186	1609
C a	850	1200
N a N H ₂	210	400
N a I	651	1300
N a B r	747	1390
N a C l	801	1413
L i N H ₂	374	430
L i I	446	1191
L i B r	500	1265
L i C l	605	1325~1360
L i F	848	1681
C a I ₂	740	1100
C a B r ₂	730	810
C a C l ₂	772	>1600

本発明にかかる窒化物半導体結晶表面の加工方法は、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 半導体結晶 ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$) 表面の加工に好ましく適用
 5 できる。 Al 、 Ga 、 In の含有率の如何に関わらず、結晶の構成元素として窒素を有する窒化物半導体結晶に広く適用が可能である。

上記窒化物半導体結晶表面の加工方法によって、最深表面傷深さが $0.01 \mu m$ 以下の窒化物半導体結晶を得ることができる。上記加工方法は、砥粒による切削または研磨という物理的な方法でなく、専ら化学的方法によるものであるため、
 10 砥粒と結晶表面との摩擦に由来する表面傷が生じることは無い。

また、上記窒化物半導体結晶表面の加工方法によって、平均加工変質層厚さが $2 \mu m$ 以下の窒化物半導体結晶を得ることができる。上記加工方法は、砥粒による切削または研磨という物理的な方法でなく、専ら化学的方法によるものである

ため、砥粒と結晶表面との摩擦に由来する加工変質層が生じることは無い。

本発明にかかる窒化物半導体結晶表面の加工方法およびその方法により得られた窒化物半導体結晶について、実施例を用いて具体的に説明する。

(実施例 1)

5 図 1 および図 2 を参照して、図 1 に示す定盤 1 4 として図 2 に示す定盤 A 2 4 を用いて、回転軸 1 3 に固定された定盤 A 2 4 上に、純度 1 0 0 % の金属 N a を載せ、8 0 0 °C まで昇温させて液体 N a とし加工液 1 5 を形成した。結晶ホルダー 1 2 に取り付けられた窒化物半導体結晶 1 1 である G a N 結晶を、加工液 1 5 の面に押し付けながら、定盤 A 2 4 を 5 0 r p m で 1 時間回転させることにより、
10 G a N 結晶表面の加工を行なった。加工後の G a N 結晶の表面傷深さを接触式の段差計で測定した。また、加工後の G a N 結晶の加工変質層厚さは、結晶断面の C L (Cathode Luminescence) により評価した。加工後の G a N 結晶の最深表面傷深さは 0 . 0 5 μ m、平均加工変質層厚さは 1 . 5 μ m であった。結果を表 2 にまとめる。

15 (比較例 1)

実施例 1 と同様の加工装置を用いて、室温下、材質が S i C で粒径が 1 0 μ m の遊離砥粒を定盤表面に供給しながら、結晶ホルダーに取り付けた窒化物半導体結晶である G a N 結晶を遊離砥粒が供給された定盤表面に押し付けながら、定盤
20 を 5 0 r p m で 1 0 時間回転させることにより、G a N 結晶表面の加工を行なった。加工後の G a N 結晶の最深表面傷深さは 5 μ m、平均加工変質層厚さは 1 0 μ m であった。結果を表 2 にまとめる。

(比較例 2)

砥粒 5 μ m の遊離砥粒を用いた以外は、比較例 1 と同様の条件で、G a N 結晶表面の加工を行なった。結果を表 2 にまとめる。

25 (実施例 2)

結晶表面の加工時間を 5 時間とした以外は、実施例 1 と同様の条件で、G a N 結晶表面の加工を行なった。この結果、最深表面深さは測定限界以下の 0 . 0 1 μ m 未満、平均加工変質層厚さは測定限界以下の 1 μ m 未満となった。結果を表 2 にまとめる。

(実施例 3)

加工液として純度 90% の Na を用いた以外は、実施例 2 と同様の条件で、GaN 結晶表面の加工を行なった。結果を表 2 にまとめる。なお、Na に含まれる不純物をグロー放電質量分析で測定した結果、Fe、Mg、Ti、Sc、V が検出された。

(実施例 4 ～ 実施例 6)

表 2 に示す加工液を用いて、表 2 に示す加工温度および加工時間により、GaN 結晶表面の加工を行なった。結果を表 2 にまとめる。

(実施例 7 ～ 実施例 14)

表 3 に示す加工液を用いて、表 3 に示す加工温度および加工時間により、GaN 結晶表面の加工を行なった。結果を表 3 にまとめる。

(実施例 15)

定盤として図 3 に示すような加工面に溝が形成された定盤 B 34 を用いた以外は、実施例 1 と同様の条件で、GaN 結晶表面の加工を行なった。なお、本実施例に用いた定盤 B の溝深さ D は 1 mm、溝幅 W は 1 mm、溝ピッチ P は 2 mm であった。結果を表 4 にまとめる。

(実施例 16 ～ 実施例 18)

加工温度と加工時間を表 4 に示すように変えた以外は、実施例 1 と同様の条件で GaN 結晶表面の加工を行なった。結果を表 4 にまとめる。

(実施例 19 ～ 実施例 22)

加工する結晶を表 4 に示す結晶に替えた以外は、実施例 2 と同様の条件で各種結晶表面の加工を行なった。結果を表 4 にまとめる。

表 2

	比較例 1	比較例 2	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
窒化物半導体結晶	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN
加工方法	砥粒	砥粒	定盤 A	定盤 A	定盤 A	定盤 A	定盤 A	定盤 A
砥粒径 (μm)	10	5	—	—	—	—	—	—
加工液	—	—	Na	Na	Na	Li	Ca	Li
加工液	—	—	100	100	90	—	—	—
化学組成	—	—	—	—	—	100	—	100
組成 (wt%)	—	—	—	—	—	—	100	—
不純物	—	—	—	—	10*	—	—	—
加工温度 (°C)	室温	室温	800	800	800	800	950	800
加工条件	10	10	1	5	5	5	5	2
最深表面傷深さ (μm)	5	2	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
平均加工変質層厚さ (μm)	10	8	1.5	<1	<1	<1	<1	<1

*不純物として Mg、Fe、V、Sc、Ti

表 3

	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11	実施例 12	実施例 13	実施例 14
窒化物半導体結晶	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN
加工方法	定盤A	定盤A	定盤A	定盤A	定盤A	定盤A	定盤A	定盤A
砥粒径 (μm)	—	—	—	—	—	—	—	—
加工液	Na-Li	Na-Li	Na-Ca	Na-Ca	Na-Li -Ca	Na-Li -Ca	Na-Li	Li-Ca
加工液 化学組成 (wt%)								
Na	50	50	50	50	40	40	5	—
Li	50	50	—	—	30	30	95	95
Ca	—	—	50	50	30	30	—	5
不純物	—	—	—	—	—	—	—	—
加工 条件								
温度 ($^{\circ}\text{C}$)	800	800	800	800	800	800	800	800
時間 (hr)	5	4	5	3	5	4	2	2
最深表面傷深さ (μm)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
平均加工変質層 厚さ (μm)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

表 4

	実施例 1 5	実施例 1 6	実施例 1 7	実施例 1 8	実施例 1 9	実施例 2 0	実施例 2 1	実施例 2 2
窒化物半導体結晶	GaN	GaN	GaN	GaN	AlN	Al _{0.5} Ga _{0.5} N	InN	In _{0.5} Ga _{0.5} N
加工方法	定盤B	定盤A	定盤A	定盤A	定盤A	定盤A	定盤A	定盤A
砥粒径 (μm)	—	—	—	—	—	—	—	—
加工液	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
加工液	100	100	100	100	100	100	100	100
化学組成 (wt%)	—	—	—	—	—	—	—	—
不純物	—	—	—	—	—	—	—	—
加工温度(°C)	800	300	600	1000	800	800	800	80
加工条件	1	20	10	3	5	5	5	5
最深表面傷深さ (μm)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
平均加工変質層厚さ (μm)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

比較例 2 と実施例 1 とを対比すると、砥粒径 $5\text{ }\mu\text{m}$ の砥粒に替えて、本発明に
用いられる加工液の 1 つである Na を用いることによって、最深表面深さが $2\text{ }\mu\text{m}$
から $0.05\text{ }\mu\text{m}$ に、平均加工変質層厚さが $8\text{ }\mu\text{m}$ から $1.5\text{ }\mu\text{m}$ にと著しく
小さくなったことがわかる。また、実施例 1 と実施例 2 とを対比すると、加工温
度 800°C において加工時間を 1 時間から 5 時間に変更することにより、最深表
面深さは $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 未満、平均加工変質層厚さは $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満となり、極めて精
度の高い表面加工が可能になったことがわかる。

また、実施例 4 ～実施例 8 に示すように、加工液として Na に替えて Li、Ca、
またはこれらと Na との混合液を用いても、最深表面深さが $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 未
満、平均加工変質層厚さが $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満の高精度の平面加工ができる。特に、実施
例 6、実施例 8、実施例 10、実施例 12 ～実施例 14 に示すように、少なくと
も Li を含有する加工液を用いることにより加工スピードが向上し、加工時間を
短縮できる。また、実施例 2 と実施例 9 とを対比すると、加工面が平面の定盤に
替えて、加工面に溝がある定盤を用いることにより加工時間を 5 時間から 1 時間
に短縮できる。また、実施例 10 ～実施例 12 に示すように、加工温度 300°C
～ 1000°C に対して加工時間を 20 時間～3 時間と適宜設定することにより、
最深表面深さが $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 未満、平均加工変質層厚さが $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満の高精度の
平面加工ができる。さらに、実施例 13 ～実施例 16 に示すように、加工する結
晶は、GaN 結晶に限られず、AlN 結晶、AlGaIn 結晶、InN 結晶、InGaIn
結晶などの各種の窒化物半導体結晶についても高精度の表面加工ができる。

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的な
ものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明でなくて
特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内のす
べての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

上記のように、本発明は、表面傷深さおよび加工変質層厚さが小さい窒化物半
導体結晶表面の加工方法およびその方法により得られた窒化物半導体結晶に広く
利用することができる。

請求の範囲

1. 窒化物半導体結晶 (11) の表面に、加工液 (15) として少なくとも Na、Li または Ca を含有する液体を接触させることを特徴とする窒化物半導体結晶表面の加工方法。
- 5
2. 前記加工液 (15) が少なくとも Na を含有する液体であって、前記加工液 (15) 中の Na 含有率が 5 モル%~95 モル%である、請求項 1 に記載の窒化物半導体結晶表面の加工方法。
3. 前記加工液 (15) が少なくとも Li を含有する液体であって、前記加工液 (15) 中の Li 含有率が 5 モル%~100 モル%である、請求項 1 に記載の窒化物半導体結晶表面の加工方法。
- 10
4. 前記窒化物半導体結晶 (11) が、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 半導体結晶 ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$) である請求項 1 に記載の窒化物半導体結晶表面の加工方法。
- 15
5. 窒化物半導体結晶 (11) の表面に、加工液 (15) として少なくとも Na、Li または Ca を含有する液体を接触させることを特徴とする窒化物半導体結晶表面の加工方法によって得られた、最深表面傷深さが $0.01 \mu m$ 以下の窒化物半導体結晶。
6. 前記加工液 (15) が少なくとも Na を含有する液体であって、前記加工液 (15) 中の Na 含有率が 5 モル%~95 モル%である、請求項 5 に記載の窒化物半導体結晶。
- 20
7. 前記加工液 (15) が少なくとも Li を含有する液体であって、前記加工液 (15) 中の Li 含有率が 5 モル%~100 モル%である、請求項 5 に記載の窒化物半導体結晶。
- 25
8. 前記窒化物半導体結晶 (11) が $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 半導体結晶 ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$) である、請求項 5 に記載の窒化物半導体結晶。
9. 窒化物半導体結晶 (11) の表面に、加工液 (15) として少なくとも Na、Li または Ca を含有する液体を接触させることを特徴とする窒化物半導体結晶表面の加工方法によって得られた、平均加工変質層厚さが $2 \mu m$ 以下の窒化物半

導体結晶。

10. 前記加工液 (15) が少なくともNaを含有する液体であって、前記加工液 (15) 中のNa含有率が5モル%~95モル%である、請求項9に記載の窒化物半導体結晶。

5 11. 前記加工液 (15) が少なくともLiを含有する液体であって、前記加工液 (15) 中のLi含有率が5モル%~100モル%である、請求項9に記載の窒化物半導体結晶。

10 12. 前記窒化物半導体結晶 (11) が $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 半導体結晶 ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$) である、請求項9に記載の窒化物半導体結晶。

FIG.1

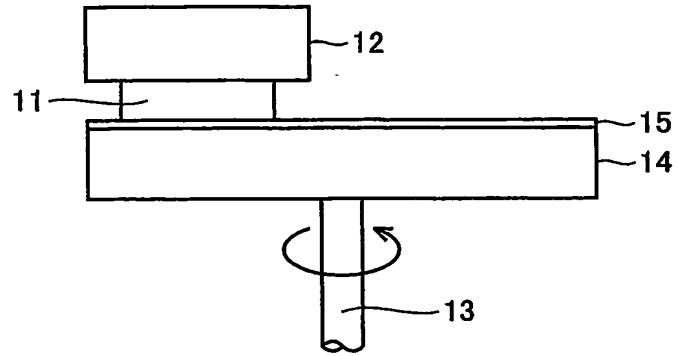


FIG.2

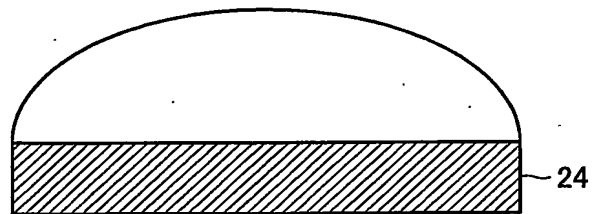
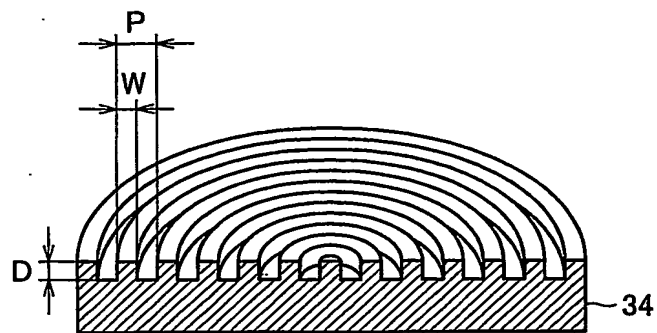


FIG.3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008090

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/306, C30B33/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/306, C30B33/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JOIS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2002/101121 A1 (ADVANCED TECHNOLOGY MATERIALS, INC.), 19 December, 2002 (19.12.02), Claim 67 & US 6488767 B1	1-12
X	JP 1-204425 A (Toyota Central Research And Development Laboratories, Inc.), 17 August, 1989 (17.08.89), Page 1, lower right column, lines 13 to 15 (Family: none)	1, 2, 4-6, 8-10, 12
A	J.L. Weyher, et al., Chemical polishing of bulk and epitaxial GaN, Journal of Crystal Growth, 182 (1997), pages 17 to 22	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 September, 2004 (03.09.04)

Date of mailing of the international search report
21 September, 2004 (21.09.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/306, C30B33/10

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/306, C30B33/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	WO 2002/101121 A1 (ADVANCED TECHNOLOGY MATERIALS, INC.), 2002.12.19, Claim 67 & US 6488767 B1	1-12
X	JP 1-204425 A (株式会社豊田中央研究所), 1989.08.17, 第1頁右下欄第13-15行 (ファミリーなし)	1, 2, 4-6, 8-10, 12
A	J.L.Weyher, et al, Chemical polishing of bulk and epitaxial GaN, Journal of Crystal Growth, 182 (1997), p17-22	1-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.09.2004

国際調査報告の発送日

21.9.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大畑 通隆

4 R

9443

電話番号 03-3581-1101 内線 3469